



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 **Offenlegungsschrift**  
①0 **DE 43 18 214 A 1**

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 04 D 19/04**

②1 Aktenzeichen: P 43 18 214.3  
②2 Anmeldetag: 1. 6. 93  
④3 Offenlegungstag: 8. 12. 94

DE 43 18 214 A 1

⑦1 Anmelder:  
Leybold AG, 63450 Hanau, DE

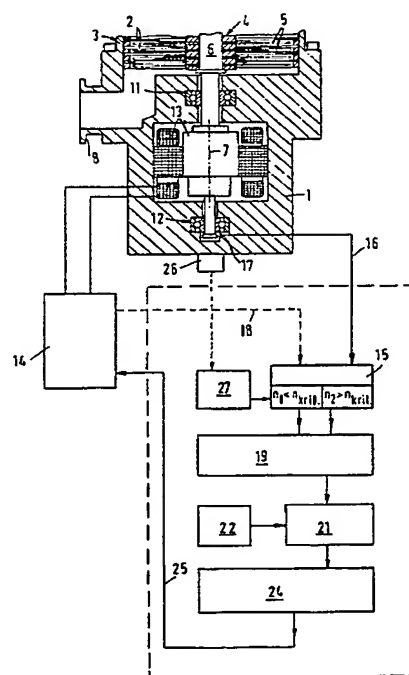
⑦4 Vertreter:  
Leineweber, J., Dipl.-Phys., Pat.-Anw., 50859 Köln

⑦2 Erfinder:  
Kuck, Dietmar, 5632 Wermelskirchen, DE; Stelling,  
Horst, 5024 Pulheim, DE

⑤6 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:  
DE 41 28 109 A1  
STEINBECK, Leo: Viel Funtion für kleine Antriebs-  
leistung. In: drive & control 2/1992, S.34-35;

⑤4 Verfahren zum Betrieb einer Reibungsvakuumpumpe sowie für dieses Betriebsverfahren geeignete Reibungsvakuumpumpe

⑤7 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betrieb einer Reibungsvakuumpumpe mit Rotordrehzahlen, die unterhalb der Nenndrehzahl liegen; um Schäden an der Pumpe, verursacht durch einen Betrieb mit unterhalb der Nenndrehzahl liegenden Rotordrehzahlen, zu vermeiden, wird vorgeschlagen, daß die Drehzahl des Rotors (4) laufend überwacht wird, daß beim Eintritt der Drehzahl in einen vorher festgelegten Drehzahlbereich ein Timer (19) gestartet wird und daß Einfluß auf die Rotordrehzahl genommen wird, wenn sie nach einer ebenfalls vorher festgelegten Zeit immer noch im festgelegten Drehzahlbereich liegt.



DE 43 18 214 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zum Betrieb einer Reibungsvakuumpumpe bei Rotordrehzahlen, die unterhalb der Nenndrehzahl liegen. Außerdem bezieht sich die Erfindung auf eine für die Durchführung dieses Verfahrens geeignete Reibungsvakuumpumpe.

Reibungsvakuumpumpen, beispielsweise Turbomolekularpumpen, Molekularpumpen nach dem Gaede-, Holweck- oder Siegbahntyp und Kombinationen dieser Pumpenarten, werden mit Rotordrehzahlen bis zu 100 TU/min betrieben. Die schnelldrehenden Rotoren sind schwingungsfähige Gebilde, die über entsprechende Resonanzen (kritische Drehzahlen) verfügen. Die Konstruktion dieser Vakuumpumpen wird deshalb so ausgelegt, daß die kritischen Rotordrehzahlen außerhalb des Nenndrehzahlbereichs des Rotors liegen. Beim Hochlauf des Rotors werden die kritischen Drehzahlen relativ schnell durchlaufen, so daß eine Schädigung der Pumpe, insbesondere der Rotorlagerungen, nicht eintritt.

Der Vakuumsachmann ist bestrebt, Reibungsvakuumpumpen mit möglichst konstanten Drehzahlen, und zwar im jeweiligen Nenndrehzahlbereich, zu betreiben, da die Pumpeigenschaften (Saugvermögen, Kompression) bei dieser Drehzahl im wesentlichen konstant sind. Bei gleichbleibender Drehzahl und bei steigendem Ansaugdruck nehmen jedoch die notwendige elektrische Leistung des Wandlers und die Motorverluste zu.

Eine Möglichkeit der Vermeidung unzulässig hoher Motorverluste besteht darin, daß der Wandler bei Unterschreiten einer bestimmten Drehzahl auf Störung geht und die Pumpe abschaltet. Eine andere Möglichkeit besteht darin, die Leistung auf zulässige Werte zu begrenzen. Bei dieser Verfahrensweise ist es jedoch unvermeidlich, daß mit steigendem Ansaugdruck die Drehzahl des Rotors abnimmt. Beide Verfahren sind üblich; das zuletzt genannte Verfahren ist anwendungsfreundlicher, weil es nicht zu einem Abschalten des Evakuierungsprozesses führt. Es ist jedoch häufig mit einem maßgeblichen Drehzahlrückgang verbunden. Bei einer Abnahme der Drehzahl besteht die Gefahr, daß der Rotor kritische Drehzahlwerte erreicht und diese über längere Zeiten beibehält. Dieses kann zu Lagerschäden oder gar zum Ausfall der Pumpe führen. Bei Turbomolekularvakuumpumpen mit mehreren Pumpenabschnitten (Compoundpumpen) und damit mit relativ langen Rotoren liegen kritische Drehzahlbereiche relativ nahe bei der Nenndrehzahl, so daß das geschilderte Problem bei diesen Pumpen verschärft auftritt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren der eingangs erwähnten Art anzugeben, bei dem Schäden an der Pumpe, verursacht durch einen Betrieb mit unterhalb der Nenndrehzahl liegenden Rotordrehzahlen, nicht mehr auftreten.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe dadurch gelöst, daß die Drehzahl des Rotors laufend überwacht wird, daß beim Eintritt der Drehzahl in einen vorher festgelegten Drehzahlbereich ein Timer gestartet wird und daß Einfluß auf die Rotordrehzahl genommen wird, wenn die Drehzahl nach einer ebenfalls vorher festgelegten Zeit immer noch im festgelegten Drehzahlbereich liegt. Bei einem Verfahren dieser Art können Betriebszustände mit Rotordrehzahlen, die in einem bestimmten, kritischen Drehzahlen umfassenden Bereich liegen, zeitlich derart begrenzt werden, daß Schäden an der Pumpe nicht auftreten. Die Pumpe wird z. B. nach

Ablauf der vorher festgelegten Zeit abgeschaltet. Im Vergleich mit der eingangs beschriebenen Verfahrensweise, bei der der Wandler beim Unterschreiten einer bestimmten Drehzahl auf Störung geht, ist damit bereits der Vorteil verbunden, daß der Fall des Abschaltens der Pumpe wesentlich seltener ist. Es besteht aber auch die Möglichkeit der Änderung der Drehzahl des Rotors, und zwar derart, daß sie das kritische Drehzahlfenster verläßt. Dazu kann mehr oder — wenn das nicht mehr geht — weniger Leitung zugeführt werden, so daß sich die Drehzahl erhöht oder erniedrigt. Dadurch ist ein Abschalten des Evakuierungsprozesses bei gleichzeitigem Schutz der Pumpe vor kritischen Drehzahlbereichen vermieden. Insgesamt ist eine erfindungsgemäß betriebene Reibungsvakuumpumpe zuverlässiger und hat wegen des Schutzes gegen einen vorzeitigen Verschleiß eine längere Lebensdauer.

Vorteile und Einzelheiten der Erfindung sollen anhand eines in der Figur dargestellten Ausführungsbeispiels erläutert werden. Die Figur zeigt einen Schnitt durch den unteren Teil einer Turbomolekularvakuumpumpe mit einer Überwachungsschaltung nach der Erfindung.

Die Turbomolekularpumpe weist das Gehäuse 1, den mit den Statorschaufeln 2 ausgerüsteten Stator 3 und den Rotor 4 mit den Rotorscheaufeln 5 auf. Bestandteil des Rotors 4 ist die Welle 6 mit ihrer Achse 7. An der Welle 6 sind die Rotorscheaufeln 5 befestigt. Die Statorschaufeln 2 und die Rotorscheaufeln 5 sind derart angeordnet, daß eine Gasförderung vom nicht dargestellten Einlaß zum Auslaß 8 bewirkt wird.

Die Rotorwelle 6 ist im Gehäuse 1 der Turbomolekularpumpe mittels der Wälzlager 11, 12 drehbar gelagert. Anstelle der Wälzlager können auch Magnetlager vorhanden sein. Zwischen den Lagern 11, 12 befindet sich der Antriebsmotor 13. Das Ein- und Ausschalten sowie die Versorgung des Antriebsmotors 13 erfolgt mit Hilfe des Versorgungsgerätes 14, das üblicherweise einen Frequenzwandler umfaßt.

Zur Feststellung der Drehzahl des Rotors 4 der Turbomolekularpumpe ist ein Drehzahldetektor 15 vorgesehen. Die ihm über die Leitung 16 zugeführten Signale stammen zum Beispiel von einem Drehzahlsensor 17, der vorzugsweise dem unteren Ende der Welle 6 zugeordnet ist. Sofern Informationen über die Drehzahl des Rotors 4 auch im Frequenzwandler des Versorgungsgerätes 14 vorliegen, können diese ebenfalls benutzt werden. Eine den Drehzahldetektor 15 mit dem Versorgungsgerät 14 verbindende Signalleitung 18 ist als alternative Lösung gestrichelt dargestellt.

Der Drehzahldetektor 15 dient der Einstellung des Resonanzfensters, indem eine untere ( $m_1$ ) und eine obere ( $m_2$ ) Drehzahlgrenze eingegeben werden. Zwischen diesen Grenzen befindet sich eine Resonanz, d. h. eine kritische Drehzahl  $n_{krit}$ . Bei einem mit einer Nenndrehzahl von 72 T U/min betriebenen Prototypen lag beispielsweise eine Resonanz bei 50 T U/min. Bei diesem Prototypen wurde das Resonanzfenster auf 50 T U/min  $\pm$  5000 U/min eingestellt. Wird das eingestellte Resonanzfenster von oben oder von unten her betreten, wird der Timer 19 gestartet. Das Startsignal wird einer sich anschließenden Stufe 21 zugeführt, in der ein Zeitvergleich stattfindet. Dazu wird der Zeitvergleichs-Stufe 21 ein Referenz-Zeitsignal von der Zeitstufe 22 zugeführt. In dieser Zeitstufe ist ein bestimmtes Zeitintervall gespeichert, beim oben erwähnten Prototypen beispielsweise 1 min. Verläßt die Rotordrehzahl innerhalb dieses Zeitintervalls das Resonanzfenster, schaltet sich der Ti-



mer 19 ab. Er wird erst dann wieder gestartet, wenn die Rotordrehzahl erneut in das Resonanzfenster eintritt.

Liegt die Drehzahl des Rotors jedoch nach Ablauf des Zeitintervalls immer noch im Resonanzfenster, dann gibt die Zeitvergleichsstufe ein Signal auf eine Auswertelogik 24. Diese ist über die Signalleitung 25 mit dem Versorgungsgesät 14 verbunden. Dadurch besteht die Möglichkeit, den Antriebsmotor 13 für den Fall der Überschreitung des in der Zeitstufe eingestellten Zeitintervalls abzuschalten.

Zweckmäßig wird die erfindungsgemäße Überwachungsschaltung derart gestaltet, daß sie die Einstellung mehrerer Resonanzfenster erlaubt. Weiterhin besteht die Möglichkeit, verschiedene Typen von Turbomolekularpumpen zu codieren (Codierungsbaustein 26 an der Pumpe) und einen Identifizierungsbaustein 27 in der Überwachungsschaltung vorzusehen, mit dessen Hilfe das oder die Resonanzfenster eingestellt werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Reibungsvakuumpumpe bei Rotordrehzahlen, die unterhalb der Nennndrehzahl liegen, dadurch gekennzeichnet, daß die Drehzahl des Rotors (4) laufend überwacht wird, daß beim Eintritt der Drehzahl in einen vorher festgelegten Drehzahlbereich ein Timer (19) gestartet wird und daß Einfluß auf die Rotordrehzahl genommen wird, wenn sie nach einer ebenfalls vorher festgelegten Zeit immer noch im festgelegten Drehzahlbereich liegt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe für den Fall, daß die Rotordrehzahl nach Ablauf der vorher festgelegten Zeit noch im vorher festgelegten Drehzahlbereich liegt, abgeschaltet wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Pumpe für den Fall, daß die Rotordrehzahl nach Ablauf des festgelegten Zeitintervalls noch im festgelegten Drehzahlbereich liegt, mehr oder weniger Leistung zugeführt wird, so daß die Rotordrehzahl den festgelegten Drehzahlbereich verläßt.
4. Für die Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 3 geeignete Reibungsvakuumpumpe mit einem Versorgungsgesät (14) für den Antriebsmotor (13), dadurch gekennzeichnet, daß sie mit einer Überwachungsschaltung ausgerüstet ist, die einen Drehzahldetektor (15), einen Timer (19), eine Zeiteinstellstufe (22), eine Zeitvergleichsstufe (21) und eine Auswertelogik (24) aufweist, die über eine Signalleitung (25) mit dem Versorgungsgesät (14) für den Antriebsmotor (13) verbunden ist.

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen



